

中型客车驾驶室正碰结构安全性仿真研究

唐友名^{1, 2, 3}, 严永攀¹, 吴长风¹, 黄红武^{1, 2, 3}, 易际明³, 冉清华¹

(1. 厦门金龙联合汽车工业有限公司, 福建 厦门 361023; 2. 厦门大学物理与机电学院, 福建 厦门 361005;

3. 厦门理工学院 汽车安全与保险技术研究中心, 福建 厦门 361024)

摘 要:建立半承载式中型客车的正面碰撞有限元模型,采用 LS-DYNA 软件进行仿真分析。结果表明,该车驾驶室变形较大、完整性较差,需对客车前部吸能结构进行优化设计。

关键词:正面碰撞;客车驾驶室;有限元模型;结构安全

中图分类号:U463.83;U461.91

文献标志码:B

文章编号:1006-3331(2012)04-0047-03

Simulation Study on Front Impact Safety of Medium Coach

TANG You-ming^{1,2,3}, YAN Yong-pan¹, WU Chang-feng¹, HUANG Hong-wu^{1,2,3}, YI Ji-ming³, RAN Qing-hua¹

(1. Xiamen King-long United Automotive Industry Co., Ltd, Xiamen 361023, China;

2. School of Physical and Mechanical & Electric Eng., Xiamen Univ., Xiamen 361005, China;

3. Research Center of Technol. for Vehicle Safety & Insurance, Xiamen Univ. of Technol., Xiamen 361024, China)

Abstract The finite element model of front impact of medium coach is built, which body is semi-integral type. Using LS-DYNA software, the front impact safety is simulated. The results indicate that the drive cab deformation is bigger and its integrity is worse, so it is necessary to optimize the front absorbing structure components to the coach drive cab.

Key words: front impact; coach drive cab; finite element model; structure safety

随着客车行业的发展,客车的安全性越来越受到重视。随着计算机技术和有限元方法的成熟,采用 CAE 仿真对客车抗侧翻及顶部强度研究越来越多,并取得了较多成果^[1-3],同时参照 ECE R29《关于对商用车驾驶室乘员保护方面的车辆认证的统一规定》,对商用车开展了摆锤试验方面的研究^[4-6]。由于客车正面碰撞目前还没有具体的标准要求,因此,研究得较少^[7-11]。本文应用有限元法建立半承载式客车模型开展正面碰撞耐撞性研究,对提高客车前部结构的耐撞性、加快客车正面碰撞安全标准的制定具有积极意义。

1 客车有限元模型建立

1.1 几何模型及网格划分

根据三维 UG 模型,建立车身骨架有限元模型。为了保证计算的准确性及减少计算时间,在尽可能如实反映汽车车身结构主要力学特性的前提下,力求简化车身结构的几何模型,以便有限元模型采用较少的单元和较简单的单元形态。在建模过程中,根据经验和遵循 CAE

分析简化原则,对模型做如下处理^[1-11]:

1) 略去蒙皮和一些非承载件(如内饰件、玻璃和各种功能件等),只保留主体承载骨架、地板和保险杠。

2) 发动机、变速器等可用刚性体建模或者以集中质量单元布置于各支撑点上。

3) 悬挂系统导向杆系和悬架弹簧分别采用梁单元和弹簧阻尼单元模拟。

4) 忽略承载结构上的小工艺孔、安装孔、凸台、埋铁和翻边等工艺特征。

建立了客车车身骨架三维模型,采用壳单位对其进行网格划分。在主要变形区域,单元尺寸以 10 mm 为主^[12];在非撞击区域,单元尺寸以 30 mm 为主。模型共计 330 998 个节点,332 696 个四边形单元,2 100 多个三角形单元,128 个部件。

1.2 焊接模拟及材料参数选取

壳单元所在面为其对应部件的中面,不考虑骨架结构在焊接过程中出现的变形、残余应力、连接失效等,各

基金项目:交通部西部交通科技项目(2009318000043),福建省教育厅科技项目(JA11239),厦门理工学院科技项目(JKY10023R);福建省自然科学基金项目(2012J05103)

作者简介:唐友名(1981-),男,博士后,讲师,汽车安全与保险研究中心秘书,主要研究领域为汽车安全技术。

部件之间是刚性连接,在碰撞过程中不会发生脱落,结构间的连接关系采用节点耦合、点焊、片焊、可变形焊点梁和固连接触等模拟。

材料的本构关系是影响碰撞仿真结果的一个重要

因素。为了保证计算的精度,这里考虑材料应变率的影响。材料属性根据 LS-DYNA 中提供的 24# 分段线性材料 Piecewise_Linear 进行设定,客车骨架模型中主要采用 20# 碳钢。其材料参数如表 1 所示。

表 1 材料参数表

材料	屈服极限 /MPa	强度极限 /MPa	杨氏模量 /MPa	泊松比	密度 /(kg/m ³)	C 值	P 值
20#	210	410	210 000	0.3	7 860	40	5

1.3 模型边界设定

对建立的网格模型赋予材料属性后,需设置边界条件,主要包括初始碰撞速度、重力场、接触与摩擦等。

1) 碰撞初始速度。客车的正面碰撞试验不是我国汽车安全强制检验项目,国内外没有相关标准作参考。这里参照国家标准^[13],估算得到 M₁ 类车碰撞能量:

①最小总质量为 1 000 kg 的碰撞动能:

$$E_1 = 1/2 \times m \times v^2 = 0.5 \times 1\,000 \times 13.9^2 \approx 97\text{ kJ}$$

②最大总质量为 2 500 kg 的碰撞动能:

$$E_2 = 1/2 \times m \times v^2 = 0.5 \times 2\,500 \times 13.9^2 \approx 242\text{ kJ}$$

本文中客车的总质量在 8 000 kg 左右。根据能量公式 E_2 逆推得速度为 28 km/h 左右,取整为 30 km/h。本文采用速度 8.33 m/s 进行客车正面碰撞模拟分析。

2) 重力场。为了保证仿真结果的准确性,仿真分析中考虑重力加速度的影响,对整个客车有限元模型施加垂直于地面的重力加速度,加速度大小为 9 800 mm/s²。

3) 接触与摩擦。分析中需要考虑客车骨架与刚性墙之间的接触摩擦问题,以及碰撞中骨架变形的自身接触摩擦问题。这里采用单面接触 contact_single_surface,这种接触形式不需要指定目标面和接触面。设定之后的客车 100% 正面碰撞模型如图 1 所示。

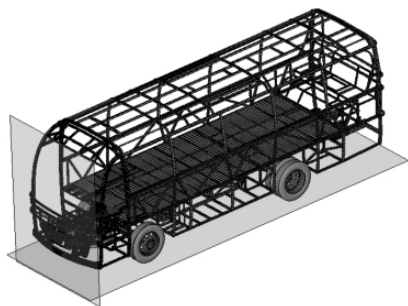


图 1 客车 100% 前撞刚性墙模型

2 客车正面碰撞仿真

设定客车前撞刚性壁障的计算时间为 0.1 s。通过计算,得到客车正面碰撞变形结果,如图 2 所示。图 3 表示驾驶室区域碰撞前后局部放大图,图中分别表示出碰撞

之前客车所在位置和碰撞之后客车所在位置。图 4 表示客车正面碰撞模型能量变化图。由图 4 可知,客车碰撞仿真前后能量守恒,满足 CAE 分析要求。

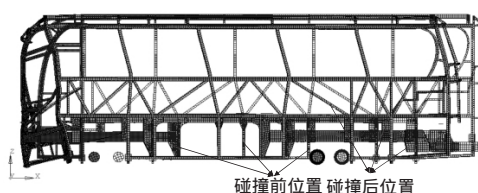


图 2 碰撞前后车身骨架位置图

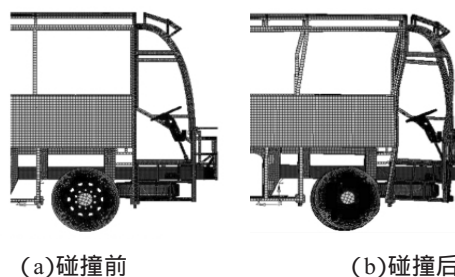


图 3 碰撞前后驾驶室位置图

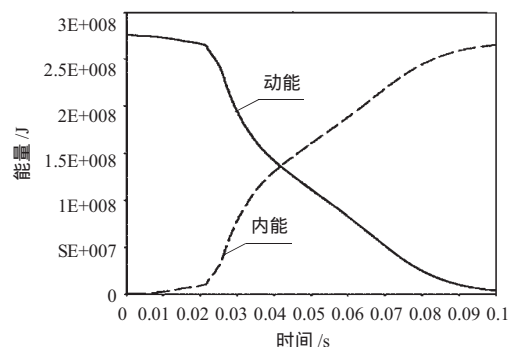


图 4 客车正面碰撞模型能量图

为了对比分析碰撞模拟过程中左右侧车门的变形量、驾驶室地板的左右侧变形量、驾驶室的完整性,对模型前部测量位置进行了标识,如图 5 所示。左右车门分别测量其对角线位置的长度,即图 5 中对应的左右侧测量点 1 和测量点 2 的长度。用左侧测量点 1 和测量点 2 的对角线长度表示驾驶员侧车门的变形情况;用右侧测量点 1 和测量点 2 的对角线长度表示导游侧车门的变

形情况。该数据的大小能够在一定程度上反映驾驶室区域碰撞前后变形的大小。用地板测量点1碰撞前后位移变形值表示驾驶员侧腿部区域变形大小;用地板测量点2碰撞前后位移变形值表示导游腿部区域变形的大小。各观测位置点变形数据如表2所示。

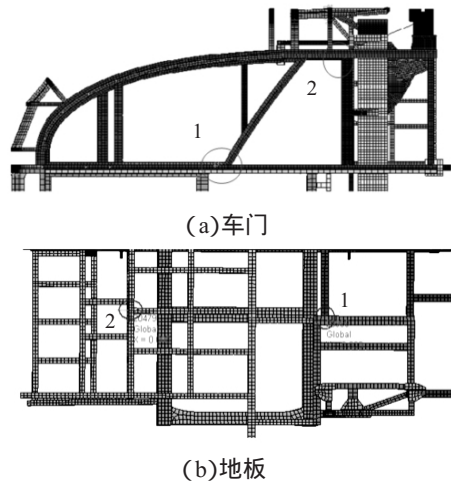


图5 两侧车门及地板测量点示意图

表2 各观测点碰撞前后测量结果 (mm)

位置	初始值	结果值	位置 / 变形值
Z_{12}	994.8	838	-156.8
Y_{12}	931.9	563.7	-368.2
D_1	0	-402	-402
D_2	0	-333.5	-333.5

通过对变形图3、图4和表2数据分析可知,客车车身骨架在能量吸收、变形方面效果不佳,主要问题总结如下:

1) 左右侧车门变形较大。左侧 Z_{12} 变形量超过156 mm,相比较而言,右侧车门变形比左侧更大, Y_{12} 变形量超过368 mm。

2) 前纵梁变形大。驾驶室地板 D_1 和 D_2 测量点变形量超过333 mm,高达402 mm。这是因为客车前部缺乏合适的吸能部件,致使前纵梁结构被压溃,从而导致驾驶室地板发生整体后移变形。

3) 试验后驾驶室不完整。试验后驾驶室地板变形大,驾驶员仪表支撑结构侵入量大,两侧车门变形很大。总体来说,驾驶室试验前后变形大,不规整性大。

3 结束语

通过对客车碰撞仿真分析发现,客车车身骨架在碰撞试验中存在较多问题。客车前部车身骨架部分变形很

大,驾驶室、前纵梁变形较大,导致驾驶室完整性不够好,在实际碰撞中容易致使驾驶员及导游受伤。后续将对客车正面碰撞进行进一步的研究,通过客车结果的优化,改善客车的耐撞性,减少客车正面碰撞中的乘员伤亡。

参考文献:

- [1] 何汉桥, 张维刚. 高床大客车侧翻结构安全性仿真研究[J]. 机械科学与技术, 2007, 26(7): 922-925.
- [2] 李臣, 周炜, 司景萍, 等. 客车侧翻的上部结构安全性仿真研究[J]. 机械设计与制造, 2009, 21(8): 216-218.
- [3] 刘正愚, 刘志宇. 客车侧翻试验[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(12): 87-91.
- [4] CASTRO I J, MICHAEL J, ALTOMORE P and et al. Simulation of Occupant Response in the ECE R29 Safety Test [C]//4th MADYMO User's Meeting of the America's. Detroit, Michigan, USA: SAE International, 2001: 99-103.
- [5] 唐友名, 黄红武, 易际明, 等. 不同速度下城际客车前面碰撞吸能分析 [C]//2011 汽车噪声振动和安全技术国际会议. 重庆: 汽车噪声振动和安全技术国家重点实验室, 2011.
- [6] MUHAMMED E.C, MEHMET A. G, BERTAN B and et al. Improvement of the Energy Absorption Capacity of an Intercity Coach for Frontal Crash Accidents [C]//11th International LS-DYNA User's Conference. Detroit, Michigan, USA: SAE International, 2010:13-21.
- [7] 张健, 范体强, 何汉桥. 客车正面碰撞安全性仿真分析[J]. 客车技术与研究, 2009, 31(3): 7-9.
- [8] 张毅. 客车整体骨架碰撞计算机仿真与耐撞性分析研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2006.
- [9] 邓景涛. 大型客车车身结构正面碰撞有限元分析[D]. 西安: 长安大学, 2009.
- [10] 雷刚, 王希杰, 张攀. 基于 DOE 的汽车碰撞优化分析[J]. 重庆理工大学学报: 自然科学版, 2011, (2): 8-12.
- [11] 何汉桥. 大客车车身结构安全性仿真研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2007.
- [12] 唐友名, 黄红武, 梅丽芳. 美国侧面碰撞规程下轿车变形侵入仿真研究[J]. 中国安全科学学报, 2011, 21(5): 29-35.
- [13] GB 11551-2003 乘用车正面碰撞的乘员保护[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.

修改稿日期: 2012-06-21